

## **Procédé de pré-détection de réponses dans un radar secondaire et application à la détection de réponses mode S**

La présente invention s'applique à la surveillance du trafic aérien notamment civil, et plus particulièrement, aux systèmes coopératifs sol avion qui permettent de situer en distance radiale et en azimuth les avions présents dans un certain volume et de les interroger.

5 Ces systèmes coopératifs comportent un radar de surveillance dit secondaire et des transpondeurs embarqués à bord d'avions. Le radar secondaire coopère selon un protocole déterminé avec des transpondeurs (appelés encore répondeurs) embarqués à bord d'avions. Le radar  
10 secondaire comporte un interrogateur qui émet des impulsions d'interrogation modulées en amplitude et en phase à la fréquence de 1030 MHz pour établir une communication avec les transpondeurs présents dans le lobe d'émission de son antenne. Les transpondeurs présents dans le lobe d'antenne répondent par des trains d'impulsions modulées en amplitude à la fréquence de 1090 MHz. Ces impulsions sont reçues et traitées par un  
15 récepteur du radar secondaire.

Les radars secondaires sont utilisés à la fois dans des applications civiles et militaires, en tant que radar de surveillance (connus sous le nom de "Secondary Surveillance Radar" ou SSR dans la littérature anglo-saxonne) ou radar anti-collision (radar embarqué). La Convention sur l'Aviation Civile  
20 Internationale, appelée encore norme OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) définit un protocole de communication pour les radars secondaires dans son annexe 10 (Télécommunications Aéronautiques), volume IV (Radar de surveillance et systèmes anti-collision). La norme OACI définit plusieurs modes d'interrogation, tel que les modes A, C et S. Le mode  
25 S se distingue des modes A et C en ce qu'il permet une interrogation sélective des avions par l'emploi d'un numéro d'identification propre à chaque avion. Toutefois, les interrogations et les réponses du mode S sont longues par rapport aux interrogations et aux réponses en mode A ou C.

Une réponse mode S est formée par un train d'impulsions  
30 comportant un préambule et un message. Le préambule comporte quatre impulsions d'une durée de 0,5  $\mu$ s chacune. Les deux premières et les deux

## 2

demières impulsions sont séparées entre elles de 0,5  $\mu$ s. La première et la troisième impulsion sont séparées entre elles de 3,5  $\mu$ s.

Les réponses aux interrogations sélectives (mode S) sont de nature à induire de nombreuses fausses détections de réponses secondaires (mode A ou C). Les fausses détections sont aussi appelées des détections de réponses fantômes, c'est à dire d'un signal ayant la forme d'une réponse, mais ne correspondant à aucune réponse réelle. Ainsi, le message d'une réponse mode S peut contenir des séquences d'impulsions ayant la forme d'une réponse secondaire (mode A ou C). De plus, lorsque les signaux sont déformés par des multitrajets, les réponses mode S peuvent induire de nombreuses fausses détections de réponses secondaires. Les fausses détections augmentent la charge de traitement du radar secondaire. Elles peuvent même créer une surcharge conduisant à des non-détection de réponses correctes.

Lors de l'apparition des interrogations sélectives dans la norme OACI, la nécessité de filtrer les réponses mode S s'est fait sentir, pour permettre de détecter les réponses secondaires avec un minimum de fausses détections. La demande de brevet FR 2 692 995 déposée le 30 juin 1992 décrit un procédé de filtrage de réponses mode S permettant de conserver les réponses secondaires reçues pendant le temps des réponses mode S filtrées. Ce procédé est basé sur l'élimination sélective des impulsions appartenant à une réponse mode S.

Quoiqu'il en soit, ce procédé, ainsi que les autres procédés de filtrages des réponses mode S, réalisent une détection préalable des réponses mode S. La détection préalable est effectuée sur la présence des quatre impulsions du préambule.

Les procédés de filtrage utilisant les impulsions du préambule ne sont plus efficaces lorsque des impulsions du préambule sont abîmées ou absentes. Or une telle situation est courante en cas de chevauchement temporel de réponses au niveau du récepteur, connu aussi sous le nom de garbling. En effet, il peut arriver que le préambule d'une réponse mode S soit mélangé à une autre réponse secondaire ou mode S, rendant ce préambule non identifiable.

L'invention vise à résoudre ces problèmes, et notamment à dire à établir une détection de réponses mode S, cette détection étant efficace

même en présence de garbling et de multitrajets. A cet effet, l'invention a notamment pour objet un procédé dans lequel on traite les signaux reçus avant de décoder les réponses ou de rechercher la présence d'éventuelles impulsions du préambule.

- 5           A cet effet, on réalise un premier étage de détection des réponses mode S, mettant en œuvre le procédé selon l'invention, dans lequel le seuil de détection est abaissé par rapport aux techniques de détections conventionnelles. Ce premier étage de détection permet de détecter les réponses abîmées, c'est à dire qui ne sont pas identifiables par leurs
- 10 impulsions de préambule. On obtient à la sortie de ce premier étage de détection des pré-détections de réponses mode S. Dans le cadre de la présente demande, on entend par "pré-détection d'une réponse" la reconnaissance de la présence d'une réponse dans un signal. Une détection se distingue d'une pré-détection en ce que la position de la réponse est
- 15 connue de manière précise dans une détection. Ainsi, une détection d'une réponse mode S permet de déterminer la position d'un avion, alors qu'une simple pré-détection ne le permet pas.

- Lorsqu'on cherche à traiter les réponses mode S elles-mêmes, on peut utiliser un second étage de détection, ayant pour fonction de confirmer
- 20 certaines pré-détections issues du premier étage de détection. En d'autres termes, on utilise les pré-détections pour réaliser des détections. En utilisant un second étage de détection, on élève le seuil de détection, de manière à éliminer les réponses dont les messages sont trop abîmés pour être décodés.

- 25           En distinguant ainsi deux étages de détection, on peut utiliser des critères de détection différents, l'un adapté au filtrage des réponses mode S pour le traitement des réponses secondaires, l'autre adapté au traitement des réponses modes S elles-mêmes.

- Ainsi, l'invention a notamment pour objet un procédé de pré-
- 30 détection de réponses dans un radar secondaire, les réponses à pré-détecter comprenant un message codé par un signal modulé, caractérisé en ce que :

- (i) on identifie la présence d'un signal présentant des caractéristiques de modulation conformes à celles d'un message d'une réponse à pré-détecter ;
- 35 (ii) on mesure la durée du signal identifié ;

## 4

- (iii) on compare la durée du signal identifié à une durée minimale, la durée minimale étant déterminée à partir d'une durée attendue des messages des réponses à pré-détecter.

Les réponses dont la durée est supérieure à la durée minimale  
5 forment ainsi des pré-détections selon l'invention.

Selon un mode de réalisation avantageux, on utilise deux voies, ce qui apporte un net gain d'efficacité. Par exemple on peut utiliser la voie somme et la voie différence. La voie somme dont le gain est sensiblement constant dans le lobe principal permet de discriminer des réponses de  
10 puissances différentes. La voie différence dont le gain varie fortement avec l'azimut permet de discriminer des réponses de puissances similaires (cas du garbling synchrone ou des fruits) présentant un écart en azimut.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante présentée à titre d'illustration  
15 non limitative et faite en référence aux figures annexées, lesquelles représentent :

- la figure 1, un exemple d'utilisation de radars secondaires ;
- les figures 2a et 2b, des exemples d'interrogations selon la norme OACI ;
- la figure 3, un exemple de réponse mode S selon la norme OACI ;
- 20 - la figure 4, un synoptique d'un exemple de radar secondaire mettant en œuvre le procédé selon l'invention ;
- les figures 5a, 5b et 5c, respectivement un exemple de signal log vidéo analogique reçu en présence d'une impulsion, ce signal numérisé, et le résultat de la détection de cette impulsion par seuillage ;
- 25 - la figure 6, un exemple de dispositif pour générer un créneau ;
- la figure 7, un exemple de mise en œuvre de l'invention pour la pré-détection d'une réponse mode S ;
- la figure 8, un exemple de mise en œuvre de l'invention appliqué à la détection d'une réponse mode S dont le préambule est brouillé ;
- 30 - la figure 9, une alternative de mise en œuvre par rapport à l'exemple de la figure 8.

On se réfère maintenant à la figure 1 sur laquelle est représenté un exemple d'utilisation de radars secondaires. Les radars secondaires  
35 peuvent équiper des stations au sol 12, 13. Ils comprennent généralement

## 5

une antenne directionnelle 12a, 13a. Chaque antenne directionnelle 12a, 13a est utilisée pour émettre une interrogation en direction de cibles. La cible 11 qui reçoit une interrogation répond selon un protocole déterminé par l'intermédiaire d'un transpondeur embarqué (non représenté). Chaque antenne directionnelle 12a, 13a est généralement associée à une antenne omnidirectionnelle 12b, 13b. L'antenne omnidirectionnelle est utilisée pour émettre des impulsions (une ou deux généralement) permettant d'inhiber les réponses des transpondeurs situés dans des lobes d'émission secondaires de l'antenne directionnelle 12a, 13a.

10 Les cibles 10, 11 peuvent en outre communiquer entre elles selon le même protocole. Les cibles comprennent alors non seulement un transpondeur, mais aussi un radar secondaire (interrogateur).

On se réfère maintenant à la figure 2a sur laquelle est représenté un exemple d'interrogation 20 selon la norme OACI. L'homme du métier trouvera plus de précisions dans le document relatif à la norme elle-même.

La fréquence porteuse d'une interrogation est de 1030 MHz, plus ou moins 0,2 MHz. Une interrogation comprend deux impulsions désignées par  $P_1$  et  $P_3$ . L'intervalle entre  $P_1$  et  $P_3$  détermine le mode d'interrogation. Un intervalle de 8,0  $\mu$ s (plus ou moins 0,2  $\mu$ s) correspond à une interrogation dite "mode A". Un intervalle de 21,0  $\mu$ s (plus ou moins 0,2  $\mu$ s) correspond à une interrogation dite "mode C". La durée des impulsions  $P_1$ ,  $P_3$  est de 0,8  $\mu$ s plus ou moins 0,1  $\mu$ s.

Une interrogation multimode comprend en outre une troisième impulsion,  $P_4$ . L'intervalle entre la deuxième impulsion  $P_3$  et la troisième impulsion  $P_4$  est de 2,0  $\mu$ s (plus ou moins 0,05  $\mu$ s). La durée de la troisième impulsion détermine le mode d'interrogation. Une impulsion courte (0,8  $\mu$ s plus ou moins 0,1  $\mu$ s) correspond à une interrogation dite "mode A/C-only all-call". Une impulsion longue (1,6  $\mu$ s plus ou moins 0,1  $\mu$ s) correspond à une impulsion dite "mode A/C/S all-call".

30 L'homme du métier trouvera dans le document relatif à la norme OACI les réponses correspondant à ces différentes interrogations.

On se réfère maintenant à la figure 2b sur laquelle est représenté un autre exemple d'interrogation 21 selon la norme OACI.

Une interrogation dite "mode S" comprend trois impulsions  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_6$ . La durée des impulsions  $P_1$  et  $P_2$  est de 0,8  $\mu$ s plus ou moins 0,1  $\mu$ s. La

## 6

durée de l'impulsion  $P_6$  détermine le mode d'interrogation. Une durée de 16,25  $\mu\text{s}$  plus ou moins 0,25  $\mu\text{s}$  correspond à une interrogation dite "short mode S" (SMS). Une durée de 30,25  $\mu\text{s}$  plus ou moins 0,25  $\mu\text{s}$  correspond à une interrogation dite "long mode S" (LMS). L'intervalle entre  $P_1$  et  $P_2$  est de 2,0  $\mu\text{s}$  plus ou moins 0,05  $\mu\text{s}$ . L'impulsion  $P_6$  comprend une première inversion de phase 22. L'intervalle entre  $P_2$  et l'inversion de phase 22 est de 2,75  $\mu\text{s}$  plus ou moins 0,05  $\mu\text{s}$ . L'impulsion  $P_6$  débute 1,25  $\mu\text{s}$  plus ou moins 0,05  $\mu\text{s}$  avant l'inversion de phase 22. L'impulsion  $P_6$  comprend des inversions de phase permettant de coder des bits de données 23 à 24. Une interrogation SMS comprend 56 bits, une interrogation LMS comprend 112 bits. Des informations supplémentaires concernant ce type d'interrogation peuvent être trouvées dans la norme OACI.

On se réfère maintenant à la figure 3 sur laquelle est représenté un exemple de réponse mode S selon la norme OACI. La réponse 30 comprend un préambule 31 comprenant quatre impulsions 31a, 31b, 31c, 31d et un message 32. Le message 32 comprend 56 ou 112 bits (en réponse respectivement à une interrogation SMS et LMS). Les bits du message sont codés par un signal modulé en position. Chaque période de 1  $\mu\text{s}$  correspond à un bit de message. En d'autres termes, la période de modulation du signal est de 1 MHz. La valeur du bit est codée par la position d'une impulsion de 0,5  $\mu\text{s}$  dans la période de 1  $\mu\text{s}$ . Lorsque l'impulsion est au début de la durée (voir par exemple les bits n°3, N sur la figure), le bit vaut 1. Lorsque l'impulsion est à la fin de la durée (voir par exemple les bits n° 1, 2, 4, N-1 sur la figure), le bit vaut 0.

On se réfère maintenant à la figure 4 sur laquelle est représenté un exemple de radar secondaire mettant en œuvre le procédé selon l'invention. Le radar 40 comprend une antenne 41 apte à recevoir un signal hyperfréquence. Cette antenne 41 est reliée à un récepteur permettant de transposer le signal hyperfréquence en signal vidéo. Le signal vidéo est du type de celui représenté sur la figure 3. Toutefois, ce signal peut être brouillé lors de la réception.

Le signal en sortie du récepteur peut être séparé en deux voies par exemple, une voie somme 43a, 44a, 45a, 46a et une voie différence 43b, 44b, 45b, 46b. Ces voies sont obtenues en effectuant des combinaisons différentes (en gain et en phase) des signaux issus des éléments rayonnant

## 7

de l'antenne de réception 41 (antenne à réseau). Chaque combinaison correspond à un diagramme d'antenne différent. Bien entendu, le nombre de voies peut être égal à un ou supérieur à deux. Les traitements sur chaque voie sont similaires et sont réalisés en parallèle.

5 On se réfère maintenant aux figures 5a et 5b, sur lesquelles sont représentés respectivement un exemple de signal log vidéo analogique 50 reçu en présence d'une impulsion, et signal numérisé 51. Le signal log vidéo analogique 50 est le signal en sortie du récepteur 42. Il est numérisé sur chaque voie par un convertisseur analogique-numérique 43a, 43b (voir figure  
10 4) pour donner le signal numérisé 51. Avantageusement, on choisit une fréquence d'échantillonnage de l'ordre de 20 MHz, ce qui permet une analyse précise du signal, tout en obtenant un bon compromis coût/efficacité.

On se réfère maintenant à la figure 5c. Sur chaque voie, le signal numérisé 51 est ensuite converti en un signal de détection d'impulsion, référencé Q. Le signal Q est généré par un détecteur d'impulsion 44a, 44b  
15 (voir figure 4) effectuant seuillage adaptatif, c'est à dire par rapport à un niveau déterminé en fonction d'un niveau crête. Ce seuil peut être par exemple un seuil à mi-hauteur en tension, c'est à dire -6 dB en vidéo log. Pendant la durée d'une impulsion, le détecteur d'impulsion 44a, 44b génère  
20 un signal stable 52 à un niveau prédéterminé. On s'affranchit ainsi des fluctuations de niveaux d'une impulsion à l'autre.

On se réfère maintenant à la figure 6 sur laquelle est représenté un exemple de dispositif pour générer un créneau de pré-détection. Sur chaque voie, le détecteur d'impulsion 44 (c'est à dire 44a ou 44b) est relié à  
25 un monostable numérique 60. Le monostable 60 peut être déclenché sur les fronts montants ou descendants. Il permet de générer un signal stable pendant une durée déterminée.

Avantageusement, le monostable est déclenché sur les fronts descendants, et la durée est de l'ordre d'une période de modulation, c'est à  
30 dire 1  $\mu$ s pour une réponse mode S selon la norme OACI. La durée du signal stable est avantageusement supérieure à une période de modulation, par exemple de 20%, pour accepter une certaine tolérance. Ainsi, dans cet exemple, la durée pendant laquelle le signal stable est généré est sensiblement égale à 1,2  $\mu$ s.

La sortie du monostable 60 peut être reliée à la sortie du détecteur d'impulsion 44 par l'intermédiaire d'une porte OU 61. Ceci permet, lorsque le monostable est déclenché sur les fronts descendants, d'obtenir le début de l'impulsion en sortie du générateur de créneaux.

5 On se réfère maintenant à la figure 7 sur laquelle est représenté un exemple de mise en œuvre de l'invention pour la pré-détection d'une réponse mode S. Le radar secondaire reçoit un signal, référencé Q1 en sortie du détecteur d'impulsion, correspondant à une réponse mode S. Cette réponse est référencée R1 avant sa transposition en hyperfréquence. On suppose dans cet exemple que le signal n'est pas brouillé. Le signal reçu Q1  
10 est donc similaire à la réponse émise R1.

La réponse mode S comprend un préambule R1a et un message R1b. Le préambule R1a comprend quatre impulsions 70, 71, 72, 73. Le message R1b comprend 56 ou 112 bits codés en position. Dans la réponse  
15 illustrée figure 7, les premiers bits du message sont 0, 1, 1, 0, 0, 1 et les derniers bits sont 0, 1, 0, 1, 1, 1.

Afin de pré-détecter une réponse, on cherche à détecter l'enveloppe du signal. En d'autres termes, on identifie la présence d'un signal présentant des caractéristiques de modulation conformes à celles d'un  
20 message d'une réponse mode S. Les messages des réponses mode S étant codés par un signal modulé en position, on identifie la présence d'un signal lorsqu'on est en présence d'une séquence d'impulsions dans laquelle chaque impulsion de la séquence est séparée de celle qui précède par au maximum une durée de l'ordre d'une période de modulation. On génère à cet effet le  
25 créneau de pré-détection.

En sortie du dispositif permettant de générer le créneau de pré-détection, on observe le signal référencé E1. Les impulsions du préambule R1a donnent deux créneaux 74, 75. Le premier créneau 74 correspond au  
30 deux premières impulsions 70, 71 du préambule R1a. Le second créneau 75 correspond aux deux impulsions suivantes 72, 73 du préambule R1a. Les deux créneaux 74 et 75 ont une durée de l'ordre de deux périodes de modulations, c'est à dire 2  $\mu$ s.

Le message lui-même R1b donne un unique créneau 76 dont la durée est sensiblement égale à celle du message. En effet, les impulsions du  
35 message sont séparées d'au plus une période de modulation (même lors



d'une succession de bits 1 puis 0). Par conséquent, le créneau 76 a une durée de l'ordre de 56  $\mu$ s ou de 112  $\mu$ s selon que la réponse mode S est une réponse SMS ou LMS.

On mesure la durée du signal identifié, c'est à dire dans cet exemple des créneaux générés. Puis on compare cette durée mesurée à une durée minimale déterminée. Cette durée minimale est fonction de la durée attendue des messages des réponses à pré-détecter. La durée minimale est déterminée de sorte à être inférieure ou égale à la durée du signal identifié de toute réponse à pré-détecter. Si la durée du signal identifié est supérieure à la durée minimale, on pré-détecte une réponse.

Ainsi, la durée des créneaux 74 et 75 étant largement inférieure à la durée d'un message, il n'y a aucune pré-détection. Par contre, la durée du créneau 76 étant celle d'une réponse, on pré-détecte une réponse.

Lorsqu'on cherche à détecter des réponses mode S, on connaît a priori la durée de la réponse attendue (56  $\mu$ s ou 112  $\mu$ s). Selon l'invention, si on connaît a priori la nature de la réponse (SMS ou LMS), on détermine la durée minimale à partir de la durée du message de la réponse correspondante (56  $\mu$ s ou 112  $\mu$ s). Si on ne connaît pas a priori la nature de la réponse, on détermine la durée minimale à partir de la durée du message de la réponse la plus courte (c'est à dire 56  $\mu$ s pour une réponse SMS).

La durée du créneau varie en fonction de la valeur du premier et du dernier bit de message. Si le premier bit de message est remplacé par un 1 (au lieu du 0 dans l'exemple illustré), le créneau 76 commence une demi période de modulation plus tôt, ce qui allonge d'autant le créneau 76. Si le dernier bit de message est remplacé par un 0 (au lieu du 1 dans l'exemple illustré), le créneau 76 termine une demi période de modulation plus tard, ce qui allonge d'autant le créneau 76. Par conséquent, la durée du signal identifié varie d'une période de modulation (1  $\mu$ s) selon les valeurs en début et fin de message.

Selon l'invention, pour tenir compte de cette fluctuation, la durée minimale est déterminée à partir de la durée d'un créneau généré à partir d'un message de réponse mode S commençant par un 0 et se terminant par un 1. Les réponses commençant par d'autres valeurs ou se terminant par d'autres valeurs généreront des créneaux de durée supérieure.

## 10

Avantageusement, cette durée minimale peut être proportionnelle à la durée d'un créneau généré par une réponse mode S dont le message commence par un 0 et se termine par un 1. Le coefficient de proportionnalité permettant de définir la durée minimale à partir de la durée du créneau est  
5 strictement inférieur à 1 pour accepter une certaine tolérance, ou égal à 1 sinon.

Par exemple lorsque les créneaux sont générés à partir du front descendant des impulsions, la durée minimale peut être 54  $\mu$ s (voir l'illustration figure 7).

10 L'invention permet ainsi de pré-détecter des réponses mode S sans utiliser la position des impulsions du préambule. Ceci permet de pré-détecter des réponses mode S ayant des préambules brouillés.

Selon un mode de réalisation avantageux, lorsque la longueur de  
15 la réponse est connue, on peut déduire la position du préambule soit à partir de la fin du message, soit à partir du début du message. Ceci permet de détecter des réponses.

On se réfère maintenant à la figure 8 sur laquelle est présenté un exemple de mise en œuvre de l'invention appliqué à la détection d'une  
20 réponse mode S dont le préambule est brouillé.

Une première réponse mode S, référencée R1, est émise par un premier transpondeur. Une seconde réponse mode S, référencée R2, est émise par un second transpondeur. Les distances respectives des transpondeurs par rapport au radar secondaire et les moments d'émission  
25 des deux réponses font que les réponses R1, R2 arrivent mélangées au niveau du radar secondaire. Plus précisément, le préambule R2a de la seconde réponse est mélangé au message R1b de la première réponse. On référence par Q2 le signal reçu par le radar secondaire en sortie du détecteur d'impulsion.

30 Le signal Q2 comprend des impulsions claires 81, 82, 83, 84 qui correspondent au préambule R1a de la première réponse R1. Ces quatre premières impulsions sont suivies d'autres impulsions, dont certaines 85 sont brouillées, qui se répartissent en trois périodes temporelles R1c, GRB, R2c. Le signal Q2 pendant la première période R1c correspond au début du  
35 message R1b de la première réponse. La suite du signal Q2, pendant la

seconde période GRB, correspond au mélange de la suite du message R1b de la première impulsion avec le préambule R2a et le début du message R2b de la seconde impulsion. La fin du signal Q2, pendant la troisième période R2c, correspond à la fin du message R2b de la seconde réponse.

5 En sortie du dispositif permettant de générer le créneau de pré-détection, on observe le signal référencé E2. Les impulsions du préambule R1a donnent deux créneaux 86, 87 d'une durée de l'ordre de deux périodes de modulations ( $2 \mu s$ ). Les impulsions suivantes donnent un créneau qui commence à la première impulsion du message R1b de la première réponse,  
10 et s'arrête à la dernière impulsion du message R2b de la seconde réponse. La durée du créneau permet donc de pré-détecter au moins une réponse.

Lorsque la durée du créneau est supérieure à la durée minimale déterminée (pré-détection), on détermine la position de la fin du message de la dernière réponse. Cette position correspond à la fin du créneau. On peut  
15 alors en déduire la position du préambule de la dernière réponse.

De même, on détermine la position du début du message de la première réponse. Cette position correspond au début du créneau. On peut alors en déduire la position du préambule de la première réponse.

Il est ainsi possible de déterminer la position des préambules de  
20 deux réponses en cas de mélange de réponses, ces positions étant déterminées sans analyser les impulsions présumées être de préambule.

Lorsque la position du préambule est connue, on peut effectuer une détection à partir du préambule. Par exemple, on peut utiliser des lignes à retard pour superposer les quatre impulsions du préambule de la dernière  
25 (seconde) réponse. Ce préambule étant brouillé, on peut ne rechercher la présence de 1, 2 ou 3 impulsions sur les quatre. En d'autres termes, on génère une détection lorsque au moins N impulsions sur quatre sont présentes à la position prévue T1 du préambule, où N est un paramètre dont la valeur est comprise entre 1 et 4, la valeur limite 1 étant utilisée pour  
30 détecter des réponses très brouillées, la valeur limite 4 étant utilisée pour détecter des réponses claires.

Avantageusement, en cas de mélange de réponses, on ne cherche à détecter le préambule que de la première réponse mode S, c'est à dire le préambule clair. La dernière réponse peut être détectée par la fin du  
35 message et son contenu message comme décrit en relation avec la figure 9.

## 12

La réponse R2 et le signal Q2 y sont représentés. Selon cette variante avantageuse, on analyse les impulsions présentes dans la zone où une réponse a été identifiée (R2a, GRB, R2c) à la recherche d'une transition 0 – 1 ou 1 – 0, c'est à dire d'une impulsion de 1  $\mu$ s ou d'un trou de 1  $\mu$ s.

5 Dès la première impulsion ou trou, on génère 90 un signal d'horloge CLK au pas de 1  $\mu$ s. On relance 91, 92, 93, 94 l'horloge à chaque impulsion ou trou de 1  $\mu$ s. Ceci permet de synchroniser l'horloge sur la fin, supposée claire, du dernier message. On lève ainsi l'incertitude de 0,5  $\mu$ s, car à chaque impulsion d'horloge, on sait qu'on est au milieu de l'intervalle de  
10 1  $\mu$ s d'un bit de message. Le signal d'horloge 95 se situant juste après la retombée du créneau de pré-détection permet de trouver la position précise de la fin du message de la dernière réponse. On en déduit alors la position précise de la première impulsion du préambule de la dernière réponse.

Grâce à cette technique, on peut effectuer des détections, c'est à  
15 dire estimer la position précise d'une réponse (on lève l'ambiguïté de 0,5  $\mu$ s).

Ainsi, on détecte le début (préambule) de la dernière réponse mode S sans décoder le message. On peut procéder de façon analogue pour détecter le début (préambule) de la première réponse mode S.

On peut réaliser ainsi la détection 96, 97 de réponses mode S  
20 sans utiliser les impulsions de leurs préambules.

On a ainsi décrit deux modes de détection possibles :

- à partir du préambule, dont on détermine au préalable la position (figure 8) ou,
- 25 - à partir du message lui-même, lequel est utilisé pour générer un signal d'horloge à un rythme binaire, pour déterminer précisément la position du début de la réponse à partir du début ou de la fin du message (figure 9).

Ces deux modes de détections peuvent être mis en œuvre en parallèle. Si on a détecté une réponse par ces deux modes (cas d'une  
30 réponse claire ou dont seulement une partie du message est brouillé par exemple), on utilise préférentiellement le mode de détection à partir du préambule.

**REVENDICATIONS**

1. Procédé de pré-détection de réponses dans un radar secondaire, les réponses à pré-détecter comprenant un message codé par un signal modulé, caractérisé en ce que :
  - 5 (i) on identifie la présence d'un signal présentant des caractéristiques de modulation conformes à celles d'un message d'une réponse à pré-détecter ;
  - (ii) on mesure la durée du signal identifié ;
  - (iii) on compare la durée du signal identifié à une durée minimale, la durée minimale étant déterminée à partir d'une durée attendue des messages
  - 10 des réponses à pré-détecter.
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel les messages étant codés par un signal modulé en position, on identifie la présence d'un signal lorsqu'on est en présence d'une séquence d'impulsions dans laquelle chaque
- 15 impulsion de la séquence est séparée de celle qui précède par au maximum une durée de l'ordre d'une période de modulation.
3. Procédé selon la revendication 2 dans lequel, on identifie la présence d'un signal en générant un créneau dont la durée est sensiblement égale à la
- 20 durée séparant la première de la dernière impulsion de la séquence d'impulsions, à une période de modulation près.
4. Procédé selon la revendication 3 dans lequel pour générer un créneau, on détecte des impulsions, et on génère un signal stable à partir de la détection
- 25 pendant une durée égale au temps maximum jusqu'à la prochaine détection d'une impulsion de message.
5. Procédé selon la revendication 4 dans lequel la durée du signal stable généré à partir d'un front descendant est sensiblement égale à la durée
- 30 d'une période de modulation majorée de 20%.
6. Procédé selon la revendication 4 ou 5 dans lequel on détecte les impulsions par seuillage par rapport un niveau déterminé en fonction d'un niveau crête.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 6 dans lequel on mesure la durée du signal identifié en mesurant la durée du créneau.
- 5 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel les réponses à pré-détecter étant des réponses mode S, la durée minimale des messages est de l'ordre de 56 microsecondes pour les réponses courtes ou de l'ordre de 112 microsecondes pour les réponses longues.
- 10 9. Procédé de détection de réponses dans un radar secondaire, les réponses à détecter comprenant un préambule et un message, le préambule contenant des données de protocole, le message étant codé par un signal modulé, caractérisé en ce que :
- 15 - on met en œuvre un procédé de pré-détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour pré-détecter les réponses à détecter ;
- on détermine une position prévue du préambule de chaque réponse pré-détectée ;
- 20 - on vérifie si des données de protocole déterminées sont présentes à ladite position prévue du préambule.
10. Procédé de détection selon la revendication 9 dans lequel la position prévue du préambule est déterminée à partir du début ou de la fin du signal identifié à l'étape (ii) du procédé de pré-détection.
- 25 11. Procédé selon la revendication 9 dans lequel les réponses à détecter étant des réponses mode S, on génère une détection lorsque au moins N impulsions sur quatre sont présentes à la position prévue du préambule, où N est un paramètre dont la valeur est comprise entre 1 et 4, la valeur limite 1 étant utilisée pour détecter des réponses très brouillées, la valeur limite 4 étant utilisée pour détecter des réponses claires.
- 30

12. Procédé de détection de réponses dans un radar secondaire, les réponses à détecter comprenant un message codé par un signal modulé, caractérisé en ce que :

- 5       - on met en œuvre un procédé de pré-détection selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, pour pré-détecter les réponses à détecter ;
- on génère un signal d'horloge à un rythme binaire à partir de message ;
- on détermine précisément la position du début de la réponse à partir du début ou de la fin du message.

1/7

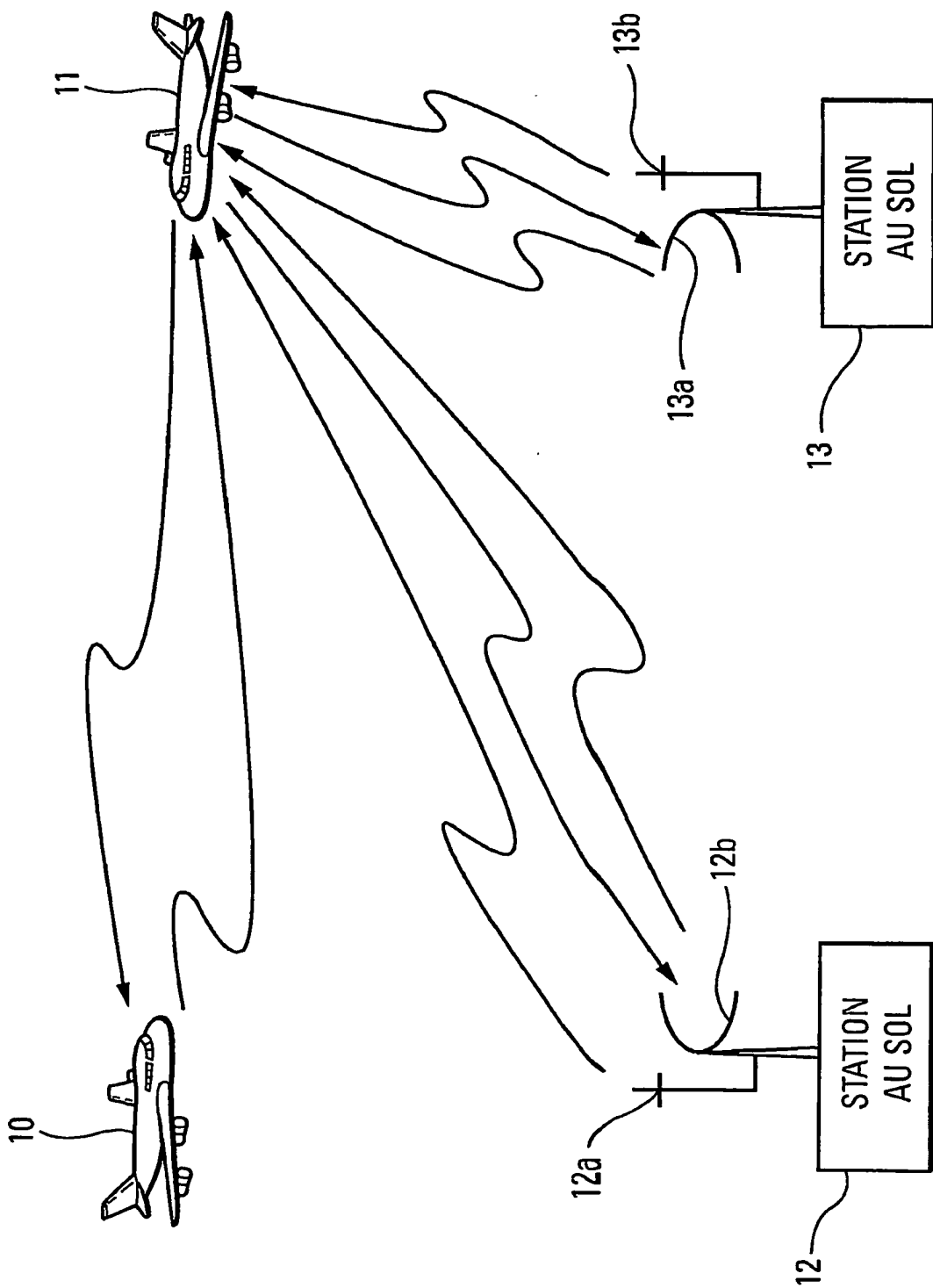


Fig. 1



2/7

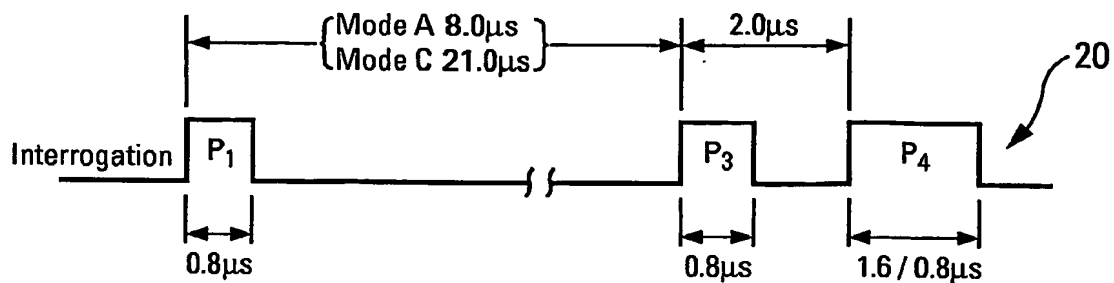


Fig. 2a

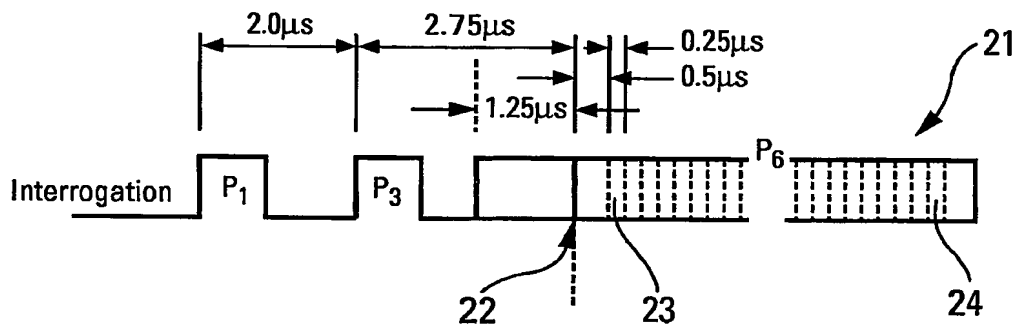


Fig. 2b

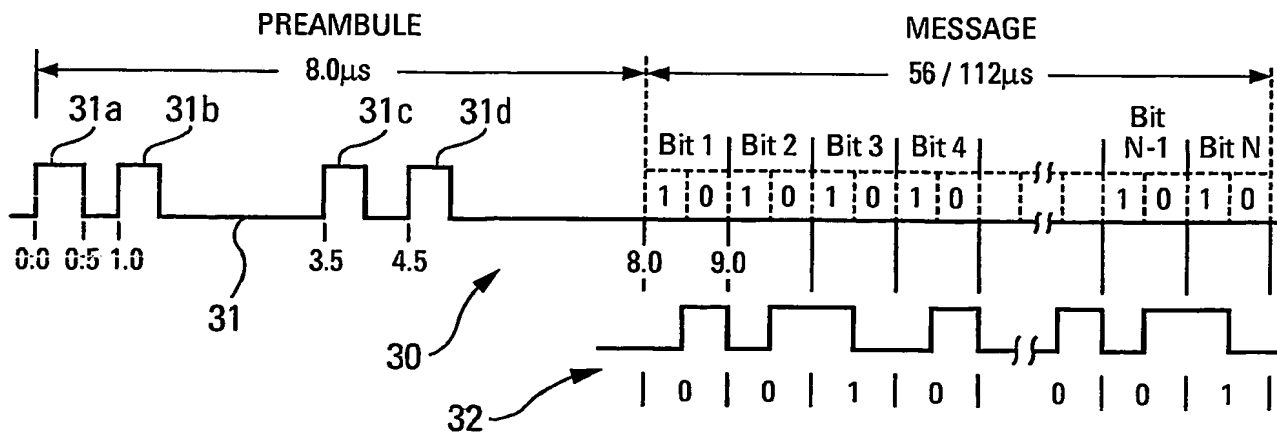


Fig. 3

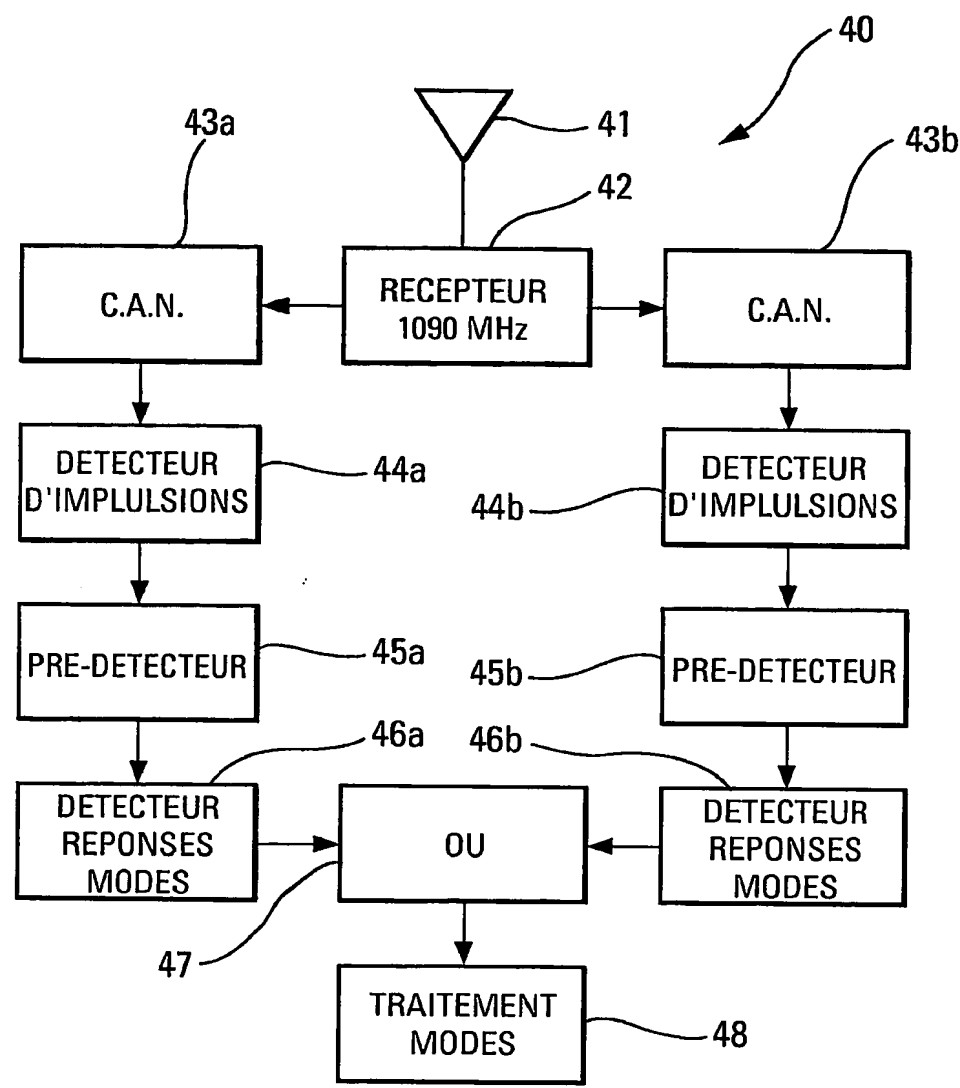


Fig. 4

4/7

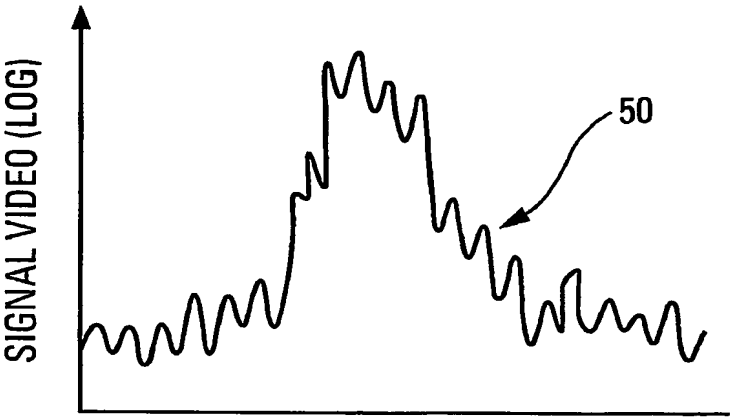


Fig. 5a

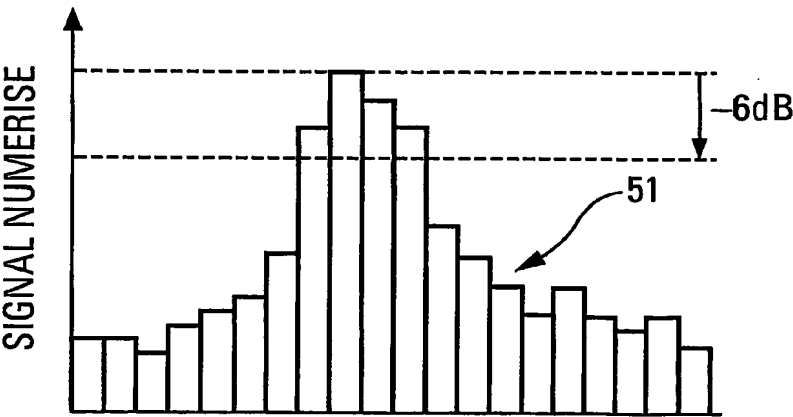


Fig. 5b

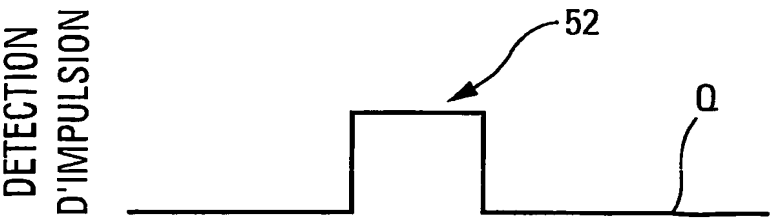


Fig. 5c

5/7

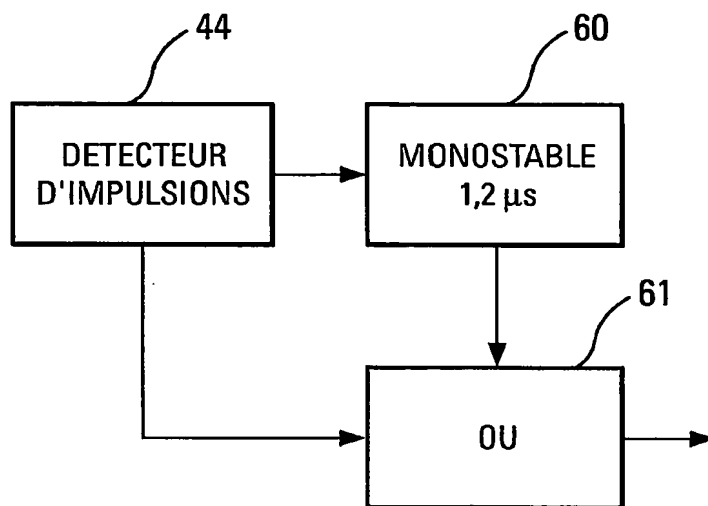


Fig. 6

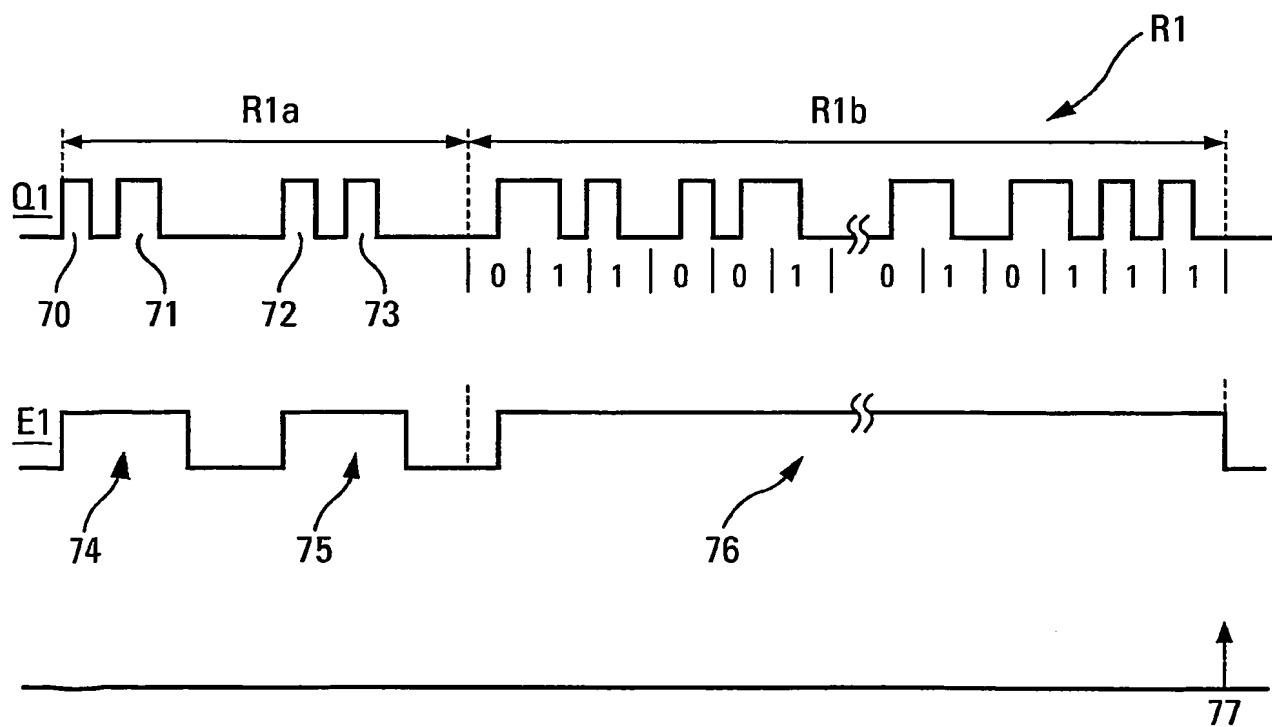


Fig. 7

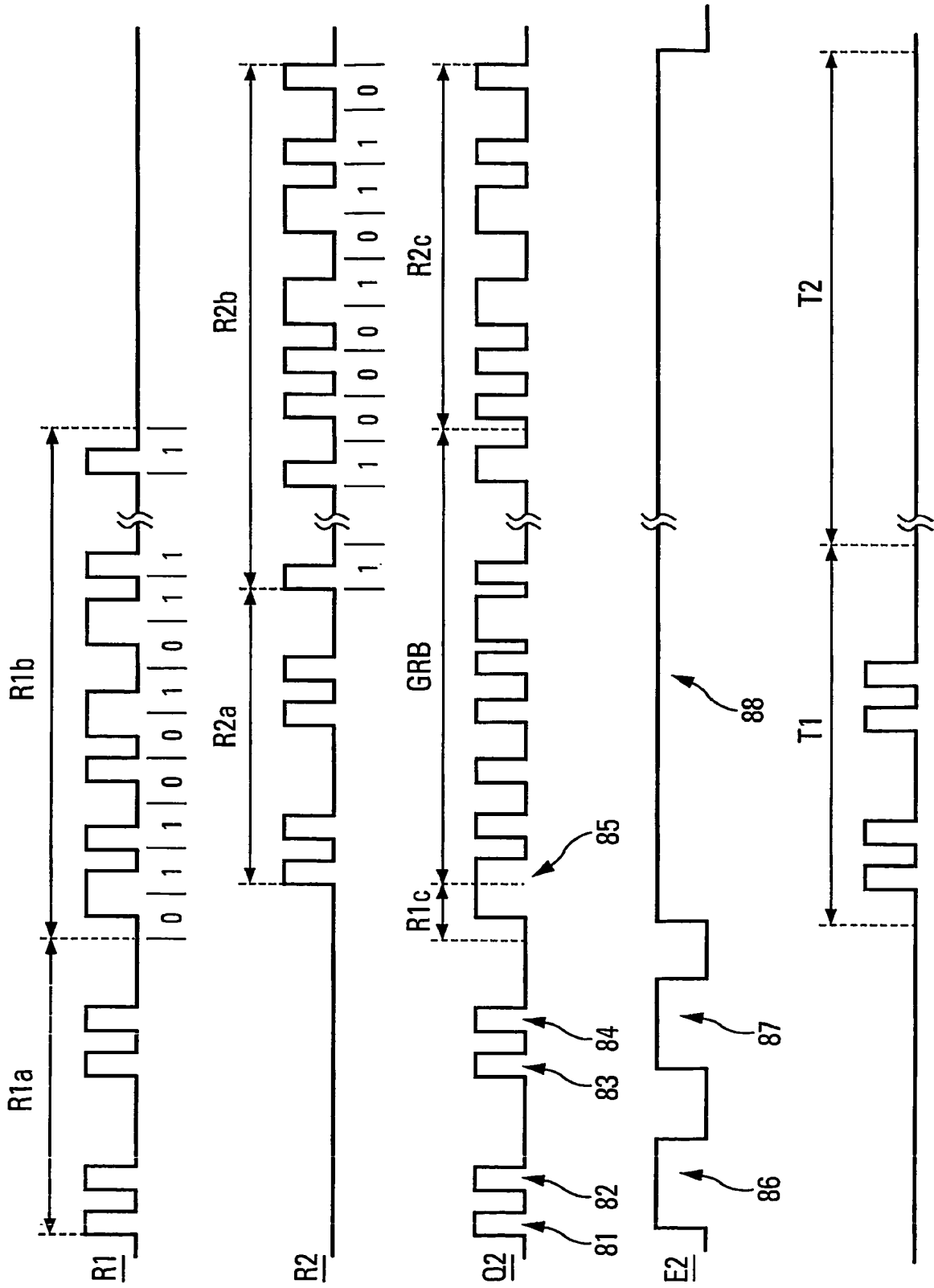


Fig. 8

7/7

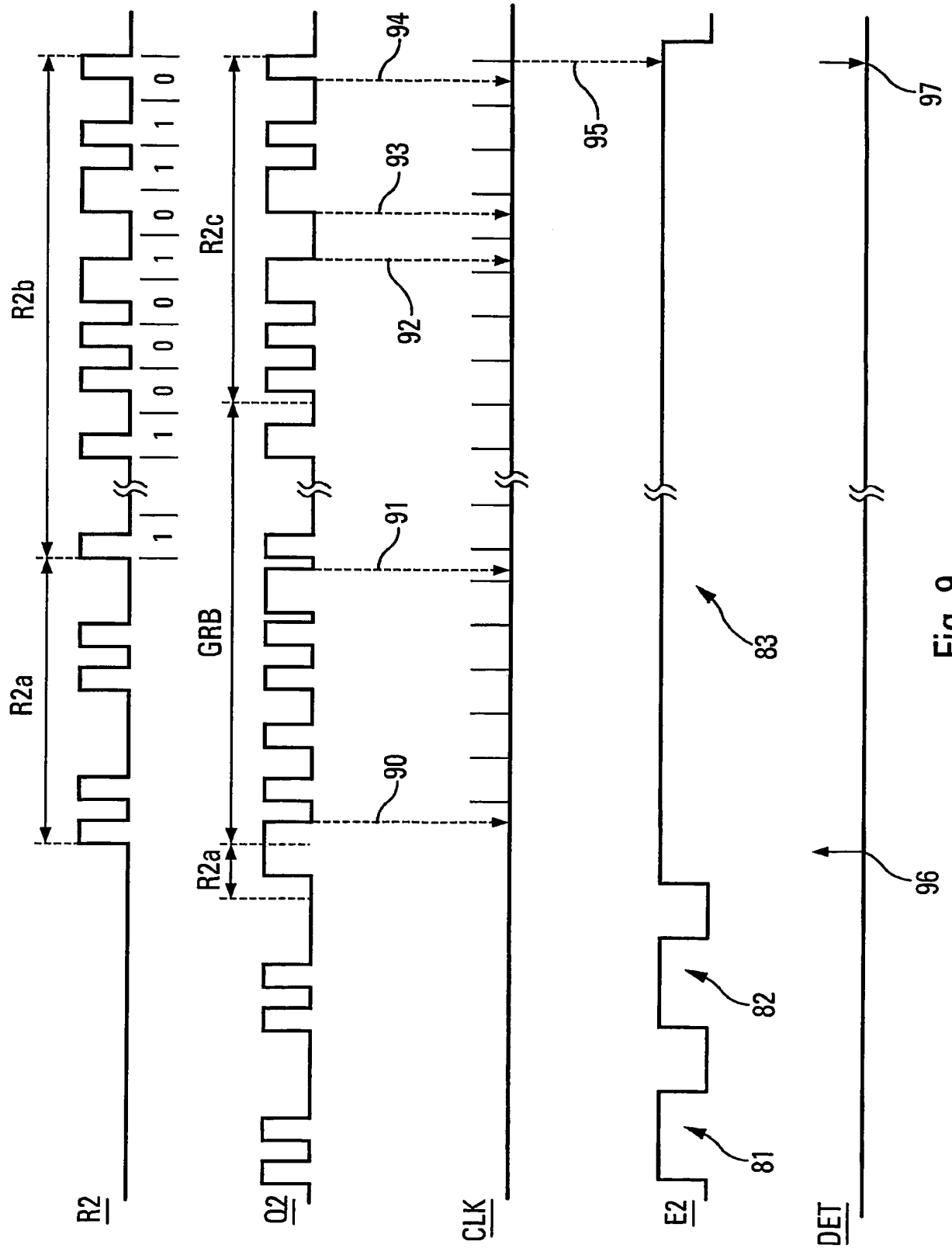


Fig. 9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/052361

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01S13/78 G01S13/74

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 02/082121 A (GALATI GASPARE ; LEONARDI MAURO (IT); UNI DEGLI STUDI DI ROMA TOR V) 17 October 2002 (2002-10-17) page 12, line 7 - page 13, line 27; figure 4	1-12
A	US 5 089 822 A (ABAUNZA JOHN T ET AL) 18 February 1992 (1992-02-18) column 9, line 44 - column 10, line 3; figure 1	1-12
A	FR 2 692 995 A (THOMSON CSF) 31 December 1993 (1993-12-31) cited in the application the whole document	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 November 2004

Date of mailing of the international search report

13/12/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mercier, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/052361

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02082121	A	17-10-2002	IT RM20010176 A1	03-10-2002
			EP 1381882 A1	21-01-2004
			WO 02082121 A1	17-10-2002
			US 6819282 B1	16-11-2004
US 5089822	A	18-02-1992	NONE	
FR 2692995	A	31-12-1993	FR 2692995 A1	31-12-1993
			CA 2099702 A1	31-12-1993
			DE 69308175 D1	27-03-1997
			DE 69308175 T2	05-06-1997
			EP 0577480 A1	05-01-1994
			RU 2127438 C1	10-03-1999
			US 5406288 A	11-04-1995



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/EP2004/052361

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 G01S13/78 G01S13/74

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 G01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 02/082121 A (GALATI GASPARE ; LEONARDI MAURO (IT); UNI DEGLI STUDI DI ROMA TOR V) 17 octobre 2002 (2002-10-17) page 12, ligne 7 - page 13, ligne 27; figure 4	1-12
A	US 5 089 822 A (ABAUNZA JOHN T ET AL) 18 février 1992 (1992-02-18) colonne 9, ligne 44 - colonne 10, ligne 3; figure 1	1-12
A	FR 2 692 995 A (THOMSON CSF) 31 décembre 1993 (1993-12-31) cité dans la demande le document en entier	1-12

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

29 novembre 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13/12/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mercier, F

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/EP2004/052361

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)			Date de publication
WO 02082121	A	17-10-2002	IT	RM20010176	A1	03-10-2002
			EP	1381882	A1	21-01-2004
			WO	02082121	A1	17-10-2002
			US	6819282	B1	16-11-2004
<hr/>						
US 5089822	A	18-02-1992	AUCUN			
<hr/>						
FR 2692995	A	31-12-1993	FR	2692995	A1	31-12-1993
			CA	2099702	A1	31-12-1993
			DE	69308175	D1	27-03-1997
			DE	69308175	T2	05-06-1997
			EP	0577480	A1	05-01-1994
			RU	2127438	C1	10-03-1999
			US	5406288	A	11-04-1995
<hr/>						

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**